



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 43 808 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 02 B 26/02**  
G 09 F 9/35  
// H 04 N 3/12

⑳ Aktenzeichen: P 43 43 808.3  
㉔ Anmeldetag: 22. 12. 93  
㉕ Offenlegungstag: 29. 6. 95

DE 43 43 808 A 1

㉚ Anmelder:

Deutsche Thomson-Brandt GmbH, 78048  
Villingen-Schwenningen, DE

㉚ Erfinder:

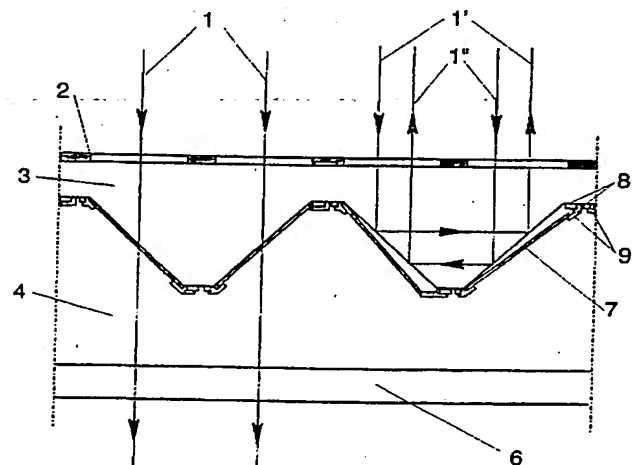
Lei, Fang, Dr.-Ing., 78089 Unterkirnach, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	37 20 182 A1
US	47 14 326
US	44 85 405
US	44 19 663
US	33 76 092
US	29 97 922
EP	01 41 714 B1

⑤4 Lichtventil für Video-, Graphik und Datendisplay ohne Polarisationsfilter

- ⑤7 Flüssigkristall-Lichtventil, abgekürzt LCLV (Liquid Crystal Light Valve), ist heutzutage meist benutztes Displaybauelement in verschiedenen Video-, Graphik- und Datendisplayssystemen. Bei konventionellen LCLVs wird das eine Komponent des Lichts vom Polarisator absorbiert und das andere Komponent geht durch. Es gehen daher mindestens 50% vom Licht aus der Lichtquelle verloren. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein neues Lichtventil für Video-, Graphik- und Datendisplay zu konzipieren, welches das Licht in allen Polarisationsrichtungen durchläßt und dadurch bei einer Lampe mit weniger Leistung einsetzbar ist. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, daß an jedem Pixel des Lichtventils eine optische Ein- und Entkopplungsvorrichtung angebracht wird, die durch elektronische Signale angesteuert ist und das Licht moduliert. Insbesondere bei Video-, Graphik- und Datendisplays.



DE 43 43 808 A 1

Die Erfindung geht aus von einem Lichtventil für Video-, Graphik- und Datendisplay ohne Polarisationsfilter gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Flüssigkristall-Lichtventil, abgekürzt LCLV (Liquid Crystal Light Valve), ist heutzutage das meistbenutzte Displaybauelement in verschiedenen Video-, Graphik- und Datendisplaysystemen. Das Flüssigkristall befindet sich zwischen zwei Polarisationsfiltern, deren Durchlaßachsen normalerweise senkrecht zueinander stehen. Den Polarisationsfilter, der zur Lichtquelle steht, nennt man Polarisator und den anderen Analysator. Aus der Lichtquelle fällt unpolarisiertes Licht auf LCLV, welches in zwei senkrecht zueinander polarisierte Komponenten zerlegt werden kann. Bei konventionellen LCLVs wird das eine Komponent des Lichts vom Polarisator absorbiert, und das andere Komponent geht durch. Es gehen daher mindestens 50% vom Licht aus der Lichtquelle verloren. Die typische Transmission von LCLV liegt zwischen 20%—30%. Auf Grund dieses erheblichen Lichtverlusts zwingt man, die Lampe mit hoher Leistung oder mehrere Lampen gleichzeitig zu benutzen, um ein helles Bild für Beobachter oder auf einem Projektionsschirm zu bekommen. Das führt aber zur vermehrten Wärmebelastung und damit zum Problem der Kühlung von LCLV. Auch eine Kontrastminderung könnte hervorgerufen werden. Bei tragbaren Fernsehern und Computern bringt eine erhöhte Leistungsaufnahme der Hinterleuchtung mehr Probleme mit Akku, z. B. Gewicht und Entladungsdauer. Fast zwei Drittel der Energie aus dem Akku wird von der Hinterleuchtung verbraucht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein neues Lichtventil für Video-, Graphik- und Datendisplay zu konzipieren, welches das Licht in allen Polarisationsrichtungen durchläßt und dadurch bei einer Lampe mit weniger Leistung einsetzbar ist. Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale der Erfindung gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Um die oben erwähnten Probleme optimal zu lösen, muß angestrebt werden, das Licht in allen Polarisationsrichtungen voll auszunutzen. Bei der vorliegenden Erfindung wird ein neuartiges Lichtventil ohne Polarisationsfilter konzipiert. Beim Einschalten des Lichtventils geht das ganze darauf fallende Licht durch, während das Licht beim Ausschalten totalreflektiert wird. Das Ein- und Ausschalten des Lichtventils erfolgt für jedes Pixel durch optische Ein- und Entkopplung einer lichtdurchlässigen Vorrichtung. Im Vergleich zu konventionellen LCLVs hat das Konzept den Vorteil, daß kein polarisiertes Licht erforderlich ist. Daher kann das Licht in allen Polarisationsrichtungen für die Beobachtung benutzt werden.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, daß an jedem Pixel des Lichtventils eine optische Ein- und Entkopplungsvorrichtung angebracht wird, die durch elektronische Signale angesteuert ist und das Licht moduliert. Dabei wird die Totalreflexion ausgenutzt. Die Totalreflexion tritt an der gegen Luft stehenden Fläche des Pixelelements ein, wenn die Vorrichtung entkoppelt wird. Andererseits kann die Totalreflexion durch Nähern der Vorrichtung auf einen Abstand in der Größenordnung der Lichtwellenlänge gestört werden. Das Licht wird hier ausgekoppelt.

Vorteilhaft ist dabei, daß das Lichtventil in Transmission-Mode ohne Anwendung des Polarisators verwen-

det wird. Durch die Totalreflexion ist eine höhere Lichtausbeute bzw. eine geringere Leistungsaufnahme möglich. Die geringere Leistungsaufnahme erleichtert die Wärmebelastung des Lichtventils. Das vorgeschlagene Lichtventil ist gleichermaßen geeignet für Video-, Graphik- und Datendisplay in Direct-View- und Projektionsystemen.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 die erfindungsgemäße Lösung,

Fig. 2 das Detail des Lichtventils mit Strahlenverlauf,

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel mit einer Lichtleitplatte,

Fig. 4 das Detail von Fig. 3 mit Strahlenverlauf,

Fig. 5 ein anderes Ausführungsbeispiel mit beweglichen Mikroprismen und

Fig. 6 das Detail von Fig. 5 mit Strahlenverlauf.

In Fig. 1 ist das Lichtventil schematisch gezeigt. Ein paralleles Lichtbündel 1 aus der Lichtquelle tritt durch das sogenannte "Black Matrix" 2 ein. Das obere transparente Substrat 3 (aus Glas oder aus Kunststoffolie) besitzt eine Struktur mit zahlreichen Mikroprismen auf der einen Seite, welche nach dem heutigen Stand der Technik mit einer Genauigkeit im Bereich der Wellenlänge sichtbaren Lichts hergestellt werden können, und eine sehr glatte Oberfläche auf der anderen. Die dünnen, wie Ventil funktionierenden Plättchen oder Folien werden an jeder Fläche der Mikroprismen untergebracht, die einem Pixel des Displays entspricht. Das untere transparente Substrat 6 ist eine planparallele Platte. Zwischen Substraten 3 und 6 wird eine Art Flüssigkeit 4 gefüllt, die die gleiche Brechzahl wie die Substrate 3 und 6 hat und mit dem Verschuß 5 abgedichtet ist.

In Fig. 2 ist das Operationsprinzip des Lichtventils in Detail dargestellt. Vier Pixelelemente sind hier als Beispiel gezeigt. Die zwei linken Pixels seien im Zustand "on" und die zwei rechten in "off". Im Zustand "off" wird die sehr dünne und lichtdurchlässige Platte oder Folie 7 weg von der Oberfläche des Mikroprismas entkoppelt. Zwischen dem oberen Substrat 3 und der dünnen Platte 7 entsteht ein sehr kleiner, freier Luftraum mit einer Brechzahl von ungefähr 1. Die Oberfläche des Mikroprismas an der Stelle "off" wird die Grenzfläche zwischen einem optisch dichteren (Glas) und einem optisch dünneren Medium (Luft). Wenn das Licht vom optisch dichteren Medium mit einem Einfallswinkel, der größer als der Grenzwinkel ist, auf diese Grenzfläche einfällt, tritt Totalreflexion ein. Der Grundwinkel von Mikroprismen wird so konstruiert, daß er gleich oder größer ist als der Grenzwinkel. Die senkrecht zum Lichtventil einfallenden Lichtstrahlen 1' und 1'' aus der Lichtquelle werden dann im Zustand "off" an der prismatischen Oberfläche totalreflektiert und hier wieder zur Einfallsrichtung zurückgebrochen. In diesem Fall entsteht ein dunkler Bildpunkt für den Beobachter oder auf dem Projektionsschirm. Im Zustand "on" wird die sehr dünne und lichtdurchlässige Platte oder Folie 7 dicht an der Oberfläche des Mikroprismas eingekoppelt. Die Totalreflexion wird durch Nähern der dünnen Platte 7 auf einen Abstand in der Größenordnung der Lichtwellenlänge gestört. An der Stelle "on" wirken dann das obere Substrat 3, die dünne Platte 7, Flüssigkeit 4 und das untere Substrat 6 zusammen wie eine planparallele Platte, weil die Flüssigkeit 4 die gleiche Brechzahl wie Substrate 3 und 6 hat. Die Lichtstrahlen 1 aus der Lichtquelle gehen hier durch. Man sieht einen hellen Bildpunkt. Auf diese Weise wird das austretende Licht aus dem Lichtventil moduliert und die Graustufen des entstehen-

den Bildes werden von der Umschaltfrequenz der Ein- und Entkopplung der dünnen Platte 7 bestimmt.

Die mechanische Ein- und Entkopplung der dünnen Platte 7 kann durch elektronische Signale, z. B. Video-Signale, die über Bus- und Gatelinen 8 in jedes Pixel gelangen, elektrostatisch angesteuert werden. Zur Spannungskontrolle kann eine winzige elektronische Schaltung, z. B. ein Thin Film Transistor (TFT) an der Stelle 8 untergebracht werden. Sie sorgt dafür, daß beim Anlegen einer Spannung die dünne Platte 7 vom Aktuator 9 oder elastischen Material, z. B. viskoelastischen Silikon-Gel oder Piezo-Material bewegt wird.

Das Farbdisplay kann durch zusätzlich auf dem Lichtventil untergebrachte Farbfilter realisiert werden. Für Projektionssysteme können drei Lichtventile für RGB-Farben eingesetzt werden, oder ein RGB-Filter (Farbrad) kann vor der Lichtquelle synchronisiert eingeschaltet werden.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einer Lichtleitplatte 10. Die Lichtstrahlen 1 aus der Lichtquelle werden durch die Lichtleitplatte 10 seitlich eingekoppelt. Der Strahlverlauf innerhalb der Platte 10 erfüllt die Totalreflexionsbedingung, wenn Lichtventil im Zustand "off" ist. Das Licht geht dann durch mehrfache Totalreflexion von der anderen Seite der Platte 10 aus. An der Stelle von Pixels mit dem Zustand "on" wird also die Totalreflexion aufgehoben, und das Licht wird hier ausgekoppelt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das Grundprinzip, nämlich Ausnutzen der Totalreflexionserscheinung gleich wie in Fig. 1, aber die Konfiguration des Lichtventils ist anderes. Wie in Fig. 4 genauer gezeichnet, werden das "Black Matrix" 2 und Pixelelemente 7, 8, 9 auf der Lichtleitplatte 10 untergebracht. Daher entfällt das obere Substrat. Das untere Substrat 6 ist hier keine planparallele Platte und hat zu jedem Pixel eine sphärische Hohlfläche. Die Brechzahl des unteren Substrats 6 ist niedriger als die der Flüssigkeit 4, dessen Brechzahl gleich der der Lichtleitplatte 10 ist. Bei Auskopplung des Lichts wirkt dann die Flüssigkeit 4 mit der Abgrenzung zum unteren Substrat 6 wie eine Konvexlinse. Dadurch werden, wie in Fig. 4 gezeigt, die vom linken Pixel ausgekoppelten Lichtstrahlen 1 abgelenkt und gesammelt. Die seitliche Anbringung der Lichtquellen in diesem Ausführungsbeispiel erlaubt eine bessere Abführung der Verlustwärme und verringert deren schädlichen Einfluß auf das Lichtventil.

In Fig. 5 ist ein anderes Ausführungsbeispiel mit Ein- und Entkopplung von Mikroprismen dargestellt. Das obere Substrat 3 mit dem "Black Matrix" 2 ist identisch wie in Fig. 1. Anstatt dünner Plättchen und Flüssigkeit werden hier bewegliche Mikroprismen 11, die auf dem unteren Substrat 6 untergebracht sind, zur Auskopplung des Lichts mit der prismatischen Oberfläche des oberen Substrats 3 in Berührung gebracht. Fig. 6 zeigt das Detail von dieser Konfiguration.

3. Lichtventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Einkopplung das Lichtventil das Licht durchläßt.

4. Lichtventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Entkopplung eine Totalreflexion an der gegen Luft stehenden Fläche des Pixelelements auftritt.

5. Lichtventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Substratschichten (3, 6) mit zwei Verschlüssen (5) eine Flüssigkeit (4) beinhalten, wobei die Brechzahlen der Flüssigkeit und Substratschichten gleich sind.

6. Lichtventil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der einen Substratschicht (3) und der Flüssigkeit (4) sich eine dünne Platte (7), ein Aktuator (9) und die Leiterverbindung (8) befindet.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Lichtventil für Video-, Graphik- und Datendisplay ohne Polarisationsfilter, dadurch gekennzeichnet, daß für jedes Pixel durch optische Ein- und Entkopplung einer lichtdurchlässigen Vorrichtung eine Steuerung der Lichtdurchlässigkeit vorgesehen ist.

2. Lichtventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ein- und Entkopplungsvorrichtung durch elektronische Signale angesteuert ist und das Licht moduliert.

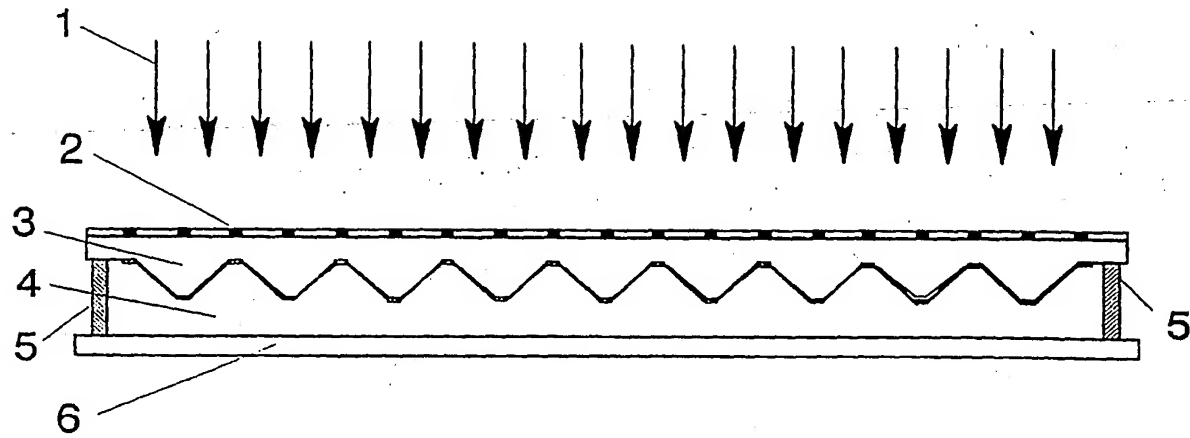


Fig. 1

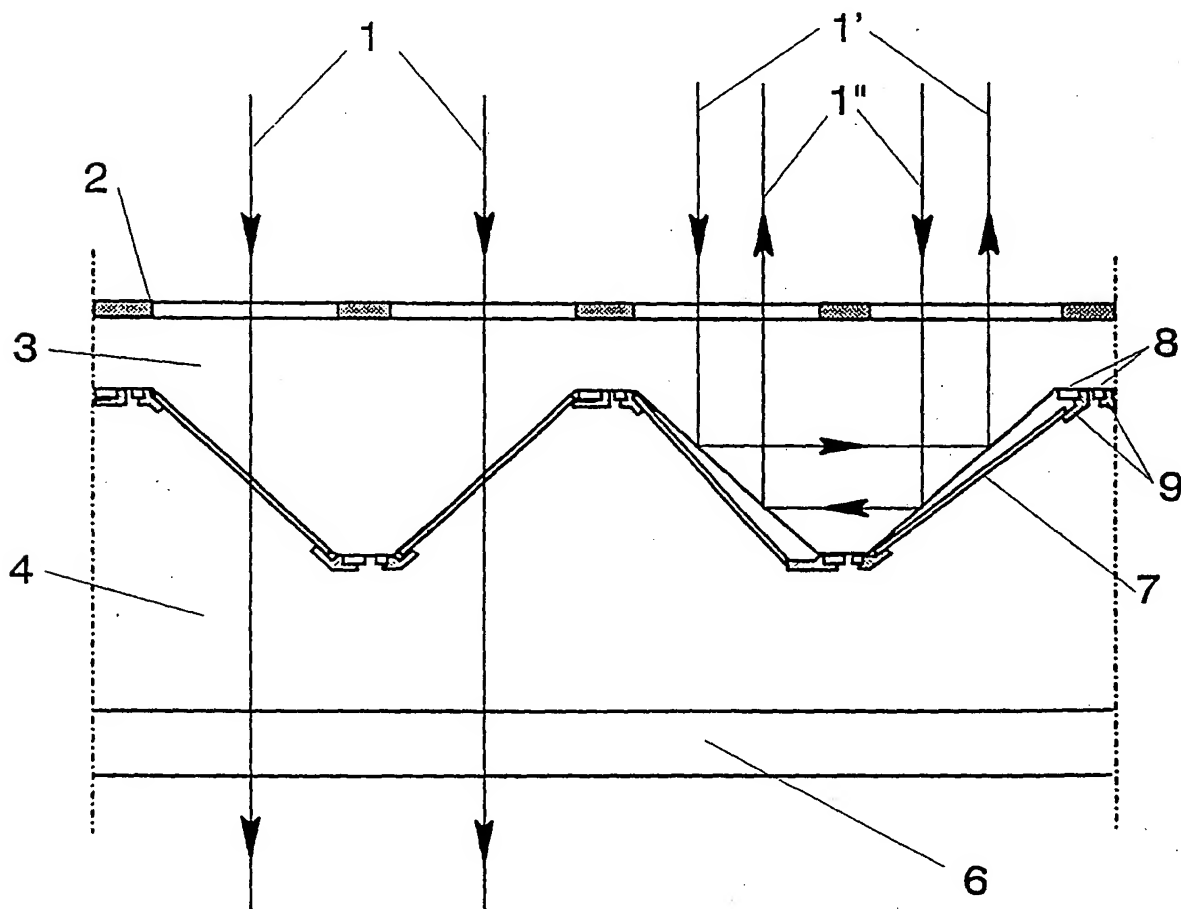


Fig. 2

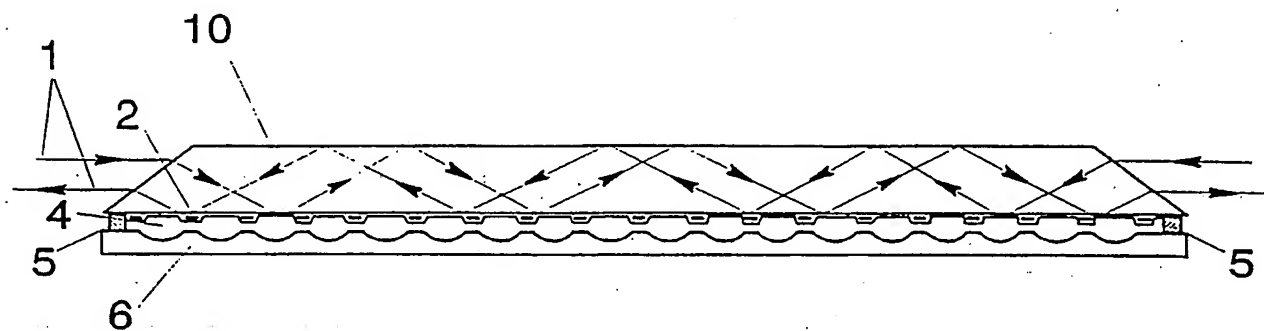


Fig. 3

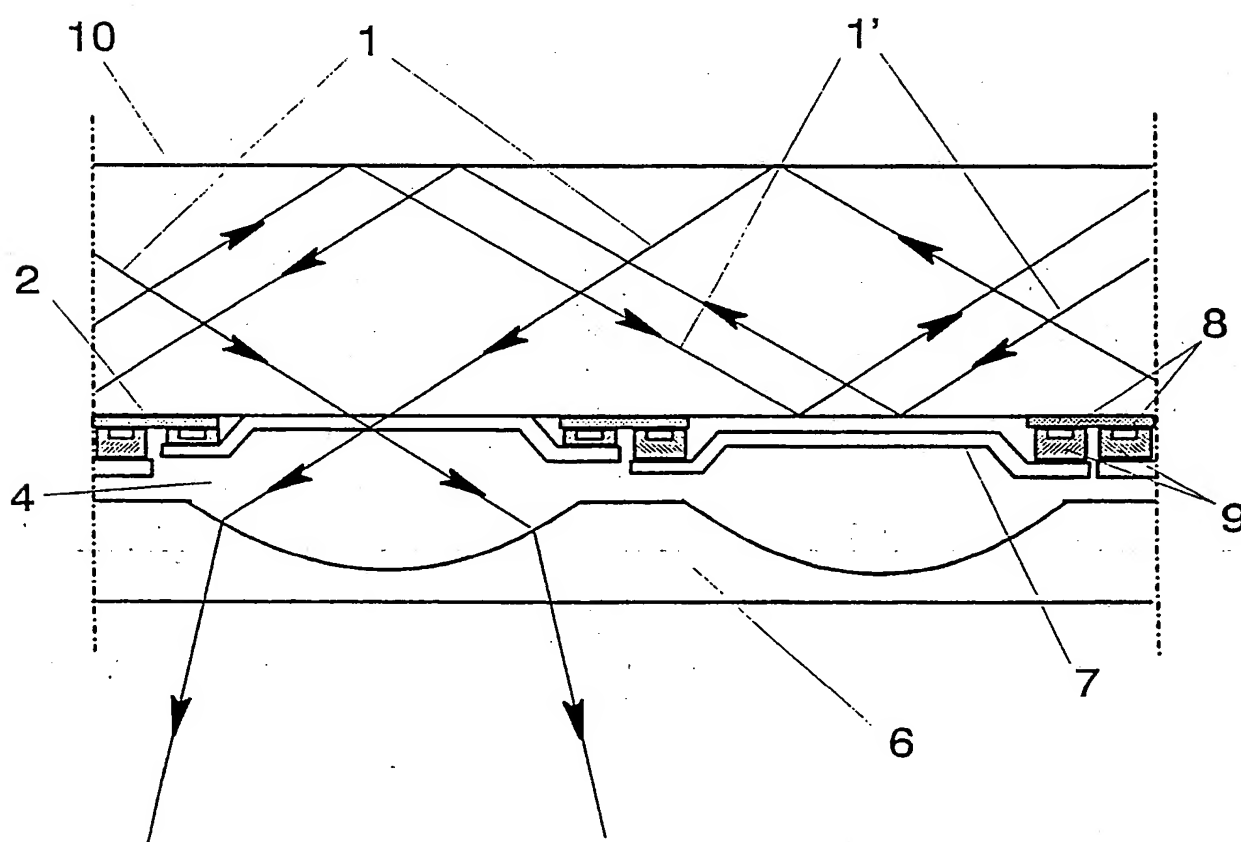


Fig. 4

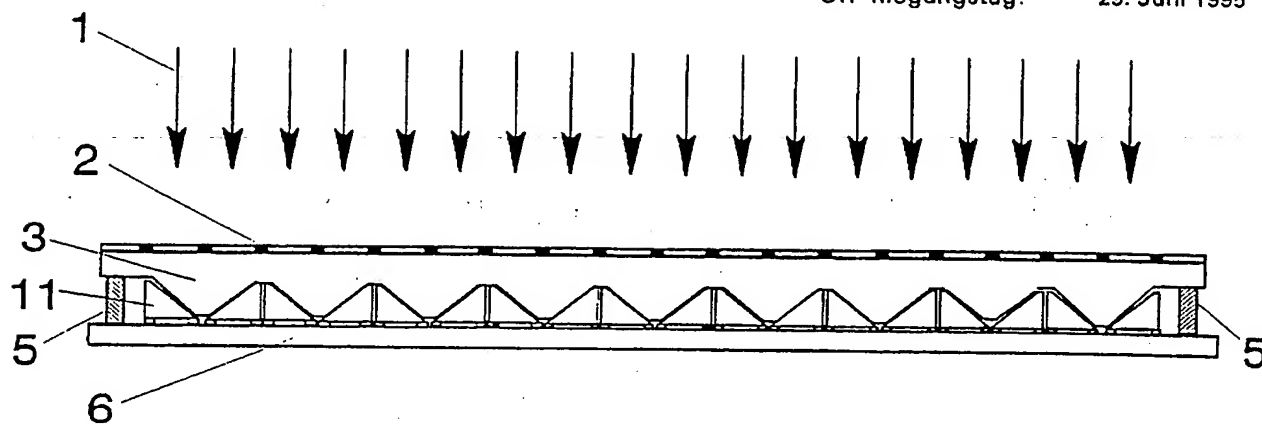


Fig. 5

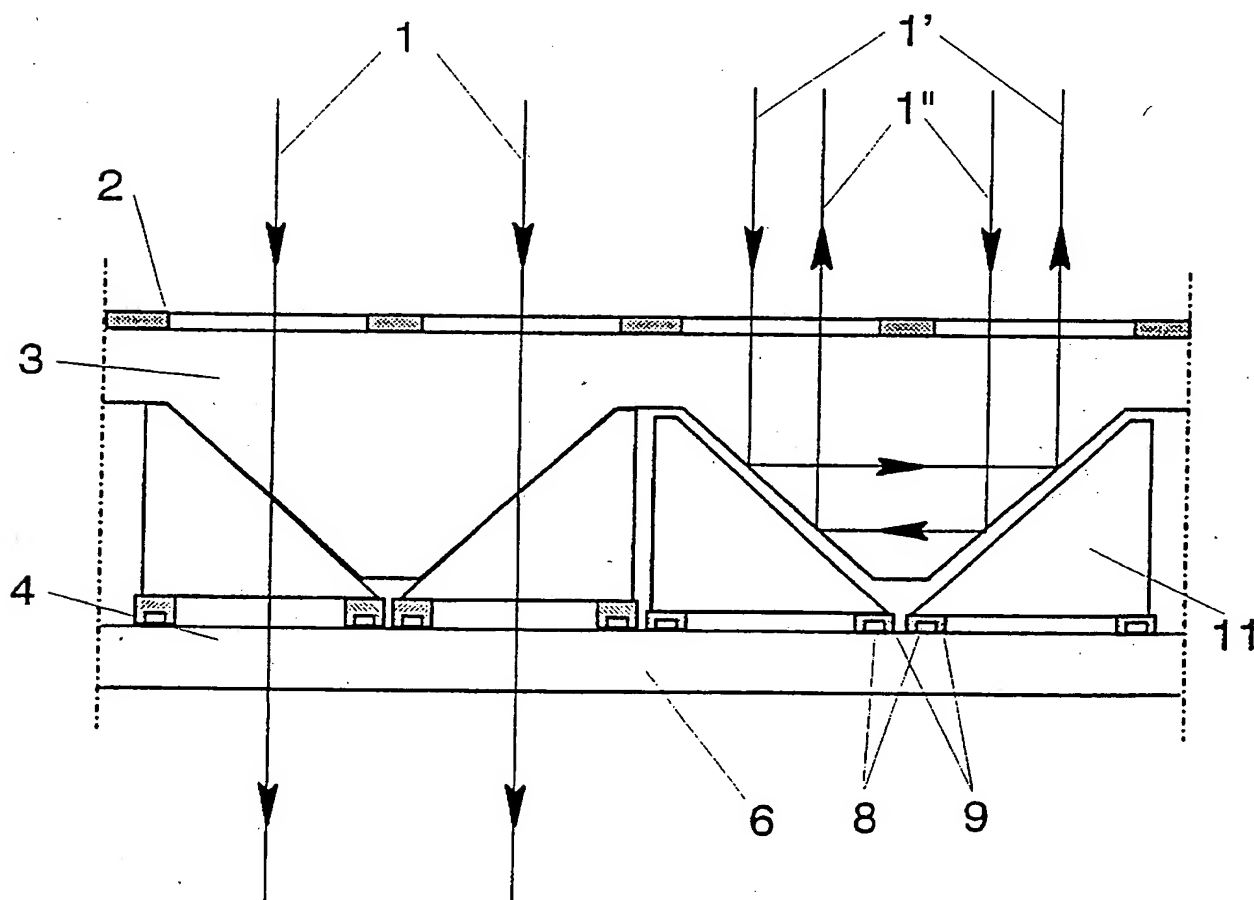


Fig. 6